A PROPOS DE CERTAINES

PROPRIÉTÉS DES FEUILLES ET AIGUILLES MURES

DE NOS ARBRES FORESTIERS EN LIAISON AVEC

LEUR POUVOIR AMELIORANT.

par M. BOUDRU

(Stat. Recherches Groenendael. Communications. Série A. N° 5. — Mars 1946).

Introduction. — Le but final de la sylviculture intensive serait d'utiliser au maximum la capacité productrice de la forêt. Nous savons assez peu de chose au sujet de cette notion de productivité. Elle nous paraît dépendre du trinôme complexe : climat, sol, peuplement. Le premier facteur échappe à notre influence; nous pouvons agir dans une certaine mesure sur le deuxième par l'emploi des engrais, des amendements, par le labour ou autre préparation du sol, par le recours à l'assainissement ou à l'irrigation. Nous pouvons influencer le troisième très fortement, et nous l'avons fait sur une large échelle consciemment ou inconsciemment : substitution d'essences par plantation ou semis, régime ou mode de traitement, emploi des différents degrés et modes d'éclaircie, etc. Le peuplement définitivement choisi et constitué, notre action devrait viser le plus souvent à entretenir ou à pousser au maximum les possibilités de croissance ou de production. La production possible est en général plutôt mal connue. Ainsi l'accroissement des peuplements réguliers de hêtre de la Forêt de Soignes a été estimé (bois fort) à 13 m3 par

N. B. — Les chiffres entre parenthèses renvoient à la Bibliographie.

hectare et par an, de la période de 50/60 ans à celle de 110/120 ans, le volume du peuplement principal variant de 300 m3 à 50 ans à 600 m3 à 120 ans. Cet accroissement serait encore de 8 m3 vers l'âge de 170-180 ans (6). Notons que des futaies jardinées d'épicéa-sapin-hêtre, soumises à la méthode du contrôle, en Suisse, sur sols riches il est vrai, produisent annuellement de 8 à 12 m3 à l'hectare, selon les périodes, pour un matériel total de 350 à 400 m3 (2) (10). Peut-on dire qu'il est banal de constater dans les pessières ardennaises des volumes de 450 m3 et plus entre 45 et 50 ans et un accroissement annuel courant à cet âge de 15 m3 (quelquefois même de 17 à 18 m3), accroissement qui se maintiendrait longtemps par le système des fortes éclaircies et ce, malgré une réduction massive du matériel producteur (14). Nous ne parlerons pas des possibilités de croissance des pins et des mélèzes, ni surtout de celles des hêtraies *normales* des Ardennes (5), ni des peuplements de chêne du Jurassique, de la Fagne de Chimay et d'autres lieux (20). Nous risquerions trop d'être taxé d'optimisme ou d'exagération.

Ces possibilités de croissance seraient liées à un problème de nutrition ou mieux au cycle d'utilisation des éléments biogènes en réserve dans le sol. Tout en faisant une large part aux facteurs externes (climat, sol et traitement), il n'en reste pas moins vrai que le facteur « essence » joue son rôle dans la vitesse d'utilisation. Les arbres forestiers diffèrent notablement en ce qui concerne la quantité et la nature des éléments nutritifs puisés dans les couches profondes du sol et la restitution d'une grande partie de ces éléments lors de la chute des feuilles et aiguilles. L'importance de cet apport annuel se déduit de la détermination pondérale de la fane et de l'analyse chimique de ses constituants. Mais ces éléments biogènes ramenés au sol sont inclus dans des complexes organiques et comme tels, en général, peu disponibles. Un processus de décomposition doit intervenir pour les transformer en combinaisons plus assimilables par les racines (abstraction faite de l'intervention des mycorhyzes).

Dans les conditions habituelles de nos contrées, la rapidité de la décomposition de la fane accélère le cycle d'utilisation

et retentit favorablement sur la productivité. Cette désintégration dépend en premier lieu de facteurs externes déjà cités (climat, sol, traitement) mais également de la composition et de la structure intime des feuilles et aiguilles. En ce qui concerne l'essence, l'importance de l'apport en éléments nutritifs et la rapidité d'utilisation de ceux-ci semblent être en relation avec certaines propriétés spécifiques de la fane. Il importe donc d'étudier celles-ci pour autant que ce soit possible.

Sous notre climat à caractère maritime dont les précipitations sont normalement plus importantes que l'évaporation, la tendance générale de nos sols est le lessivage, c'est-à-dire la migration des sels de la surface vers les profondeurs et l'acidification des couches superficielles. Il y a souvent activité biologique réduite et accumulation des résidus. On serait donc enclin à appeler essences améliorantes, celles qui ramènent en surface les éléments biogènes — essences à fane riche en sels —, celles dont la réaction est peu acide — question du pH —, celles dont les feuilles se décomposent manifestement très vite. Ce sont là, peut-être, des considérations assez simplistes mais nous nous en tiendrons à ces trois points. Il sera donc question, dans cet exposé, d'analyses chimiques de feuilles et d'aiguilles, de détermination de la réaction et du pouvoir tampon, d'observations directes en forêt. Nous analyserons rapidement certaines études assez récentes dont nous avons connaissance et nous exposerons les résultats provisoires de quelques déterminations personnelles. Le lecteur jugera lui-même de la valeur de ces travaux d'amateur.

I. **Consommation et restitution.**

Les premières recherches ont eu pour objet l'analyse chimique des feuilles et aiguilles. Nous disposons de multiples chiffres pour la teneur en cendres et en éléments minéraux divers. La littérature forestière allemande est particulièrement prodigue de ces détails. Nous pouvons trouver dans un auteur donné (1) une bonne centaine de pages bourrées de tableaux d'analyse de valeur très variable,

peut-être très utiles pour un pépiniériste qui doit se préoccuper de la question des engrais mais qui ne nous intéressent pas tellement pour l'instant. Retenons simplemen que les teneurs varient dans de larges limites selon les essences, et pour la même essence, selon les individus, la saison, l'année, le sol qui les nourrit, l'altitude, l'exposition. Cependant, malgré cette extrême variabilité et le chevauchement des valeurs limites qui en résulte, la composition chimique moyenne de l'appareil foliacé des essences semble être spécifique, en ce sens que, dans l'ensemble et toutes conditions théoriquement égales, il y aurait un certain classement assez constant parmi nos arbres forestiers. Pour ce qui est de la teneur en cendres qui traduit assez grossièrement la notion d'essences soit exigeantes, soit frugales, on cite souvent la classification d' EBERMAYER, (8) basée sur des analyses faites *au cours de la période de végétation* (Consommation), classification que la plupart d'entre nous ont enregistré dans leur mémoire quand ils étaient étudiants (*Tableau I*). Pour les divers éléments pris isolément, on peut également mettre sur pied toute une série d'échelles.

A vrai dire, ceci ne nous importe guère puisque nous voulons envisager la fane forestière, c'est-à-dire les feuilles et aiguilles au moment de leur chute naturelle, en automne pour les feuillus, à certaines époques de l'année particulièrement au printemps, pour les résineux. Nous savons que la répartition des éléments chimiques dans les cendres varie au cours de la saison aussi bien que le taux même des cendres. En général, la teneur en Ca et Si augmente à la maturité, celle des autres éléments P, K, N, diminue. Pour apprécier le pouvoir améliorant de la fane forestière en liaison avec ses propriétés spécifiques, c'est donc au moment de la chute naturelle qu'il y a lieu de déterminer les propriétés particulières des feuilles et aiguilles : teneur en cendres, en bases (en CaO particulièrement), en azote; détermination du pH et du pouvoir tampon... Ce travail a été entrepris par HESSELMAN (12), forestier suédois réputé, à l'occasion d'une vaste étude sur l'humus des forêts résineuses, étude conduite avec la minutie et l'honnêteté scientifique habi-

tuelles des Scandinaves. Ce sont à peu près les seuls documents européens dont nous disposons. Les chiffres cités par HESSELMAN sont tirés d'une ou de quelques analyses d'échantillons originaires d'un seul ou de plusieurs endroits. Ce ne sont donc que des cas particuliers. Le classement qui en est déduit ne vaut que pour les conditions de l'essai. Tels qu'ils sont, ces renseignements permettent cependant de voir s'il existe ou non une relation entre les diverses propriétés : pH, pouvoir tampon, teneur en cendres, en CaO, etc... et si on peut s'appuyer sur l'une quelconque de ces propriétés pour déterminer la capacité améliorante des essences forestières.

La richesse en cendres permet à HESSELMAN de distinguer (*Tableau* 2) des essences à restitution forte, moyenne et faible. Notons l'emploi du terme *restitution* opposé à celui de *consommation* utilisé dans la classification d'EBERMAYER. Voici donc un classement basé sur la teneur en cendres des feuilles et aiguilles qui, à maturité, touchent la terre. C'est donc l'importance relative des apports aux couches superficielles du sol. Peut-on dire que les essences de la première catégorie sont améliorantes, d'après nos observations en forêt? Nous pensons qu'on peut répondre affirmativement pour l'orme, le frêne et le noisetier. C'est moins sûr pour l'érable plane. Peut-on conserver le classement suivi parmi les essences de la deuxième catégorie? C'est douteux dans l'ensemble, c'est même difficile de reléguer si loin les aunes et d'accorder un tel rang à l'épicéa et même aux mélèzes. Remarquons en attendant les places respectives du chêne et du hêtre, ce dernier placé presque en queue de liste.

II. Réaction ou pH.

Les classements en consommation et restitution ne nous satisfont pas entièrement. Passons maintenant à la question de la réaction ou du pH qu'on a accoutumé de mettre en avant pour tout expliquer. Le lecteur voudra bien consulter les articles publiés à ce sujet (11) (13).

Nous avons mis à l'essai 17 essences feuillues. La récolte des feuilles a été faite en automne avec les soins requis

(feuilles mûres se détachant spontanément, n'ayant pas séjourné sur le sol et prélevées par beau temps). Le pH a été déterminé en solution aqueuse au moyen d'un potentiomètre à électrode de verre (Electrometer Coleman). Les résultats obtenus figurent au *Tableau* 3, les chiffres entre parenthèses indiquant le nombre des essais. Nous y avons noté également les renseignements puisés dans l'ouvrage de HESSELMAN à titre de comparaison ou de complément. Les données du professeur suédois ne sont pas des moyennes. Elles apparaîtront le plus souvent assez identiques aux nôtres mais un peu plus élevées indiquant donc une acidité moindre. La raison en est que les échantillons proviennent ordinairement des terrains calcaires de la Scanie (Suède méridionale), tandis que les nôtres ont été prélevés en Forêt de Soignes, autour de la Station de Recherches de Groenendael, où les terrains sont plutôt lessivés et acides. Nous n'avons pas fait d'essais systématiques sur des échantillons provenant de sols riches en calcaires mais quelques déterminations donnent cependant certains chiffres figurant au bas du *Tableau* 3. Comme l'a déjà fait observer HESSELMAN, les essences croissant en sols calcaires livrent habituellement des feuilles dont l'acidité est moindre. Le contraire eût été fort inattendu, mais certaines essences réagissent fortement (hêtre, orme) et d'autres très peu (chêne).

Examinons donc ce classement des essences d'après le pH des feuilles et aiguilles. Il y a manifestement un certain groupement. Nous avons en effet des arbres dont la fane est de réaction :

1) basique ou faiblement acide . . . pH plus grand que 6;
2) moyennement acide . . . . pH entre 5 et 6;
3) acide . . . . pH entre 4 et 5;
4) très acide . . . . pH plus petit que 4.

Si l'on considère le pH, peut-on dire qu'il traduit la faculté améliorante des essences? Y a-t-il progrès sur la classification relative au taux des cendres pures? En fait, si nous comparons les *Tableaux* 2 et 3, nous remarquons que les feuillus à forte restitution sont devenus des essences à fane peu acide sauf l'érable plane qui perd sa place. Ils

restent donc en bonne posture. Le groupe très complexe des essences à restitution moyenne se scinde : nous avons un premier groupe de feuillus à fane moyennement acide, un autre dont la fane est acide. Enfin, chose assez logique, les résineux sont rejetés en dernier lieu dans le groupe à fane très acide.

Dans l'ensemble, le classement semble meilleur. En deuxième catégorie à fane moyennement acide mais encore en tête de liste, nous voyons l'aune blanc, le saule, le robinier, le tremble, les bouleaux qui suivent d'assez près les feuillus de qualité. Les essences dont les feuilles sont plus ou moins parcheminées et qui semblent donc à priori se décomposer moins vite, suivent et sont assez bien groupées : érable sycomore, cerisier tardif, chêne, châtaignier, érable plane. Une place légèrement anormale semble être celle des érables américains. Par ailleurs ce qui déconcerte le plus dans ce tableau, c'est la place du charme (pH = 4,3) alors que l'on sait la facilité relative de la décomposition de ses feuilles. Par contre, le hêtre, dont la fane se désintègre si mal d'après l'observation directe en forêt, a un pH = 5,3 et ne mérite donc pas son classement.

Avant de terminer ce chapitre du pH, signalons les corrélations trouvées par HESSELMAN entre le pH et les autres facteurs. Il y aurait un rapport suffisamment marqué entre la teneur en CaO et le pH, un autre, assez grossier entre le pH, la teneur en cendres et la teneur en azote. Mais il faut noter des discordances complètes chez l'**érable plane** et le **hêtre**. Chez l'*érable*, des valeurs élevées en cendres et CaO vont de pair avec une forte acidité de la fane (Nous avons en effet trouvé pH = 4,6 et HESSELMAN, pH = 3,7—4,0) alors que le *hêtre* cependant plus pauvre en cendres et CaO, a une acidité moins forte (pH = 5,0 pour nos essais, pH = 5,3—6,2, d'après HESSELMAN). L'épicéa offre également cette opposition entre un taux élevé en cendres, en CaO et en azote, et un pH très bas. Bref, dans l'ensemble du classement en pH, nous rencontrons seulement deux places contestées, celle du *charme* et celle du *hêtre*.

III. **Pouvoir tampon.** (*)

HESSELMAN ne s'est pas contenté de la détermination du pH, il s'est attaqué à celle du pouvoir tampon des feuilles et aiguilles mûres. Parmi les feuillus et résineux qu'il a passés en revue, il a fait le classement figurant au *Tableau* 4.

Nous n'avons pas étudié les résineux ni certains feuillus envisagés par HESSELMAN (*Salix caprea, Populus tremula*) mais nous avons complété l'étude par l'examen des feuilles de *Carpinus betulus, Castanea vesca, Robinia pseudoacacia, Prunus serotina, Acer pseudoplatanus, A. saccharinum* (*dasycarpum*), *A. saccharum, A. rubrum*. Nous avons suivi la technique de HESSELMAN quelque peu modifiée. Le principe est le suivant : faire macérer pendant 24 heures, 5 grammes de matière pulvérulente (feuilles broyées) dans 200 cm3 de KCl. *N*/10. L'appareillage du potentiomètre électrique de Coleman est modifié de façon à permettre à l'électrode de travail de plonger dans le produit de la macération à étudier, contenu dans un vase de Berlin, dans lequel on ajoute, au moyen d'une burette, des doses croissantes de solutions titrées acides ou basiques (HCl. *N*/10 et NaOH. *N*/10). L'addition de HCl. *N*/10 mesure la teneur en matières basiques faisant tampon, celle de NaOH. *N*/10, la teneur en matières acides faisant tampon. Les différentes valeurs de pH, ainsi obtenues (*Tableaux* 5, 6 et 7) permettent de tracer les courbes de titration traduisant le pouvoir tampon des feuilles (*Graphiques* I à V).

Nous avons réparti les essences étudiées en six groupes en tenant compte de leur teneur en matières acides-tampon et en matières basiques-tampon (*Tableau* 8).

Le classement de ce *tableau* 8 est-il plus satisfaisant que celui établi à propos du pH? Nous avons constitué ces groupes I à VI d'après la teneur en matières acides faisant tampon et les différences sont nettement visibles sur les

(*) Un **tampon** est système chimique qui tend à maintenir constante sa concentration en ions hydrogène, malgré les additions de base ou d'acide ou malgré les dilutions et concentrations qu'il peut subir.

Une solution, un corps sont dits « tamponnés », ont un certain « pouvoir tampon », lorsqu'ils contiennent des tampons s'opposant à la variation de la réaction lors de l'addition d'acide ou de base, de concentration ou de dilution.

graphiques correspondants. Mais il y a la contrepartie : l'apport de substances basiques faisant tampon. Dans ces cas, le classement pourrait être :

1) groupe I;
2) groupe IV et II;
3) groupe III;
4) groupe V;
5) groupe VI.

Y a-t-il progrès sur le classement précédent en pH? On remarque en tête un groupe de feuillus de qualité (orme, frêne, aune, noisetier). Il y a en queue, les érables américains et les résineux. Cela confirme ce qui a été dit à propos du pH : groupe de tête et groupes de queue. Les essences des deux groupes moyens du pH se retrouvent mais classées différemment dans les trois groupes moyens du pouvoir tampon (groupes II, III et IV). De ces trois groupes, il est difficile de dire quel est le plus avantageux. Notons cependant la place que s'est adjugée l'aune et retenons provisoirement le rang du chêne et du hêtre, très surpris de se trouver ensemble.

Avant de continuer, ouvrons une petite parenthèse à propos de l'influence possible des sols calcaires sur le pouvoir tampon de la fane. Nous ne commenterons pas longuement les résultats de nos recherches qui sont trop fragmentaires (*Tableau* 9 et *Graphiques* VI, VII et VIII). Cependant, il saute aux yeux, sur ces graphiques, que la teneur en matières acides-tampon est plus faible et que celle en matières basiques-tampon est plus forte : fait logique et attendu. Mais on doit aussi remarquer que les courbes de titration des diverses essences conservent la même allure en terrains calcaires qu'en sols non calcaires (spécificité). Il semble intéressant de poursuivre ces études.

Il est donc bien difficile de se baser sur une seule propriété pour apprécier le pouvoir améliorant d'une essence. Néanmoins, on peut considérer comme acquise la séparation nette du groupe des feuillus de valeur (orme, frêne, noisetier, aune) à restitution en général forte, à la fane caractérisée par l'acidité réduite, la richesse en matières basiques-tampon,

la pauvreté en matières acides-tampon. Remarquons, dans cette liste, la présence de l'aune qui est une essence relativement frugale (à consommation moyenne), à l'encontre de ses compagnes qui sont relativement exigeantes. A l'autre bout de l'échelle, nous avons des résineux dont la fane est acide et caractérisée par la restitution assez faible, la pauvreté en matières basiques-tampon, la richesse en matières acides-tampon. Entre ces deux groupes extrêmes se placent les feuillus ordinaires dont nos deux grandes essences forestières : le chêne et le hêtre. Les propriétés de ces dernières paraissent quelquefois bien anormales. Il y a le hêtre, à fane moyennement acide, aux besoins moyens, à la restitution moyenne et dont la teneur en matières acides-tampon est faible, celle en matières basiques-tampon moyenne. C'est l'essence moyenne par excellence, dirait-on! Il y a le chêne dont la fane est acide, la consommation et la restitution moyennes mais supérieures à celles du hêtre, et qui aurait les mêmes propriétés quant aux teneurs en matières acides et basiques faisant tampon. Il semblerait donc que *le chêne serait tout autant sinon plus améliorant que le hêtre.*

IV. **Production de CO^2.**

MELIN (19), chercheur suédois travaillant en Amérique, pense qu'il est nécessaire de connaître la capacité de décomposition inhérente à la constitution interne des feuilles, toutes autres conditions étant égales pour éliminer les facteurs externes (climat, etc.). Ce travail doit donc être fait au laboratoire. L'estimation de la rapidité de la décomposition a été faite par cet auteur en étudiant la production de CO^2 et la réduction du taux des matières organiques. Voici les résultats de l'expérience qui corroborent les remarques que nous avons pu faire précédemment :

1) il existe des différences appréciables dans la rapidité de la décomposition des feuilles des diverses essences;

2) on reconnaît des variations sensibles d'un individu à l'autre dans une même espèce;

3) dans une même essence, une corrélation assez élevée existe entre la rapidité de la décomposition et le taux des

~~feuilles~~ en azote (plus ce taux est élevé, plus rapidement se fait la décomposition. Ceci confirme d'autres travaux que nous n'analysons pas ici);

4) parmi les différents arbres, il n'y a pas de corrélation nette entre la décomposition des feuilles et aiguilles d'une part, le pH, la teneur en cendres, etc... d'autre part;

5) la rapidité de la décomposition semble *spécifique*. Le classement parmi les essences européennes s'établirait comme suit — nous éliminons les espèces américaines — :

a) le frêne,
b) l'aune glutineux,
c) le noisetier,
d) le chêne pédonculé,
e) l'orme,
f) le tremble et le sorbier,
g) le hêtre et le bouleau,
h) l'épicéa et le pin sylvestre.

Quelques remarques sont à faire. Nous sommes satisfait de retrouver en tête le frêne, l'aune glutineux et le noisetier, assez surpris de voir figurer l'orme après le chêne pédonculé et très décontenancé de la place de ce dernier. Le bouleau nous semble anormalement défavorisé. Notre hêtre européen est placé presque en queue de liste, tous les autres feuillus examinés lui étant supérieurs ou égaux, seuls restant en arrière les deux résineux, pin sylvestre et épicéa. Les recherches de MELIN font ressortir la place très favorable accordée au chêne et rangent le hêtre parmi les essences dont la fane se décompose lentement. Ces constatations, comme nous allons le voir, sont d'ailleurs confirmées par d'autres méthodes.

V. **Rapport lignine-cellulose.**

RÜBNER (22) pense que la lignine est l'élément prépondérant dans la formation de l'humus forestier. La désintégration des feuilles et aiguilles serait d'autant plus rapide que le rapport cellulose : lignine serait plus grand. Dans un essai rappelé par RÜBNER, ce rapport aurait été respectivement 22 : 20 (1,1) pour le chêne, 28 : 30 (0,933) pour l'épicéa, 27 : 36 (0,75) pour le sapin et 16 : 22 (0,727) pour le hêtre. Au bout de 4 mois d'expérience, le taux des matières organiques non décomposées aurait été : 50 % pour le chêne, 62 % pour l'épicéa, 64 % pour le sapin et 70 % pour le

hêtre. Le contrôle de la production de CO^2 élaboré pendant ces 4 mois aurait confirmé le classement : chêne-épicéa-sapin-hêtre.

ERDMANN (9) et KRAUSS (17) nous apprennent que dans les conditions de l'Allemagne du nord-ouest, le chêne et le bouleau décomposent l'humus brut tandis que l'épicéa et le hêtre contribuent à l'accroître et provoquent la formation de tourbe sèche. STEPHAN (24) renchérit en disant que « dans les climats maritimes, le hêtre constitue pour lui-même un lent mais sûr poison ». Cela vaut surtout pour les sols sablonneux. En sol meilleur, la formation de tourbe sèche est ralentie surtout si on introduit en mélange le *chêne*, le frêne, l'érable et l'orme. Voici donc le chêne cité à titre d'essence améliorante dans les peuplements de hêtre et d'épicéa!

VI. Silice, et Rapport Silice : Chaux.

Abordons maintenant avec KRAUSS (18) le problème de la silice (SiO^2), de la chaux (CaO) et de leur rapport (CaO : SiO^2). D'après cet auteur, une teneur élevée en SiO^2 ralentit la décomposition des feuilles et aiguilles, une teneur faible, au contraire, accélère le processus de désintégration. Ainsi, parmi les résineux, l'incrustation de silice serait plus faible chez le pin sylvestre et surtout chez le sapin que chez l'épicéa. Aussi la décomposition des aiguilles serait plus rapide chez le sapin et le pin sylvestre que chez l'épicéa.

En ce qui concerne la chaux (CaO), cet élément est puisé en grande quantité quand il existe en surabondance dans le sol. Il n'est pas utilisé proportionnellement à la constitution de nouveaux tissus comme la potasse, le phosphore, l'azote. Il migre dans l'appareil foliaire à la fin de la végétation et retourne à la surface du sol, par la chute et la décomposition des feuilles et aiguilles. Parmi les arbres forestiers, le hêtre est particulièrement apte à puiser la chaux qui se trouve en abondance dans le sol. Si le sol est riche en cet élément, le hêtre « pompe » la chaux et néglige la silice. S'il est pauvre, la teneur des feuilles en silice augmente

considérablement, celle de la chaux diminue. Le rapport CaO : SiO^2 favorable chez le hêtre croissant en sols bien pourvus en CaO ne l'est plus quand le sol est pauvre en cet élément. KOCH (16) et ses collaborateurs l'ont montré en analysant les feuilles de hêtre croissant sur 3 sols d'origine différente. Ils ont trouvé les valeurs suivantes exprimées en milliéquivalents par 100 grammes de matière sèche.

NATURE DU SOL	CaO	SiO^2	CaO : SiO^2
a) limon de dissolution de calcaires	104	27	1 : 0,27
b) limon sableux	79	60	1 : 0,74
c) sols de décomposition de grès	66	50	1 : 0,75

On voit donc que, dans les sols riches en CaO, la teneur des feuilles en cet élément est plus élevée, celle de SiO^2 est moindre et que le rapport CaO : SiO^2 est 3 fois plus favorable que dans les sols moins bien pourvus en chaux. Ces mêmes auteurs ont également étudié le rapport CaO : SiO^2 dans les feuilles de bouleau croissant côte à côte avec le hêtre, sur des sols de nature différente. Les feuilles de bouleau contiendraient très peu de silice, en moyenne 22 fois moins (de 12 à 39 fois moins) que le hêtre voisin. Le rapport CaO : SiO^2 serait en moyenne, chez le bouleau, presque 20 fois plus favorable que chez le hêtre (I : 0,04 contre I : 0,76). Ces chercheurs n'ont malheureusement pas eu l'occasion d'étudier en détail d'autres essences forestières. Incidemment, ils ont examiné le cas du chêne et du tremble. Chez le chêne, le rapport CaO : SiO^2 est presque 2 fois plus favorable, chez le tremble, de 2 à 4 fois plus favorable que chez le hêtre croissant sur le même sol. Cela pourrait donc signifier que le chêne, le tremble, le bouleau surtout seraient plus améliorants que le hêtre, leur fane moins incrustée de silice se décomposant plus vite.

Pour éclairer la controverse à propos de l'influence respective du hêtre et du chêne, nous mettrons sous les yeux du lecteur des extraits de deux articles significatifs, l'un exposant incidemment et avec certaine réserve la thèse classique du

hêtre améliorant, l'autre constituant en fait une conception qui semblerait révolutionnaire à beaucoup. D'un côté, SCHAEFFER (23) nous dit : « Le hêtre contribue beaucoup à donner cette structure (en grumeaux) à nos sols forestiers. En effet, si le calcaire se trouve seulement en faible quantité dans les couches supérieures, le hêtre remédie heureusement à cette pauvreté pour peu que le sous-sol soit riche en calcaire. Il le puisera dans les couches profondes et l'abandonnera ensuite sur le sol par ses feuilles. Les couches supérieures recevront ainsi la quantité d'électrolytes nécessaire pour provoquer la floculation de l'argile et rendre le sol perméable... Grâce à leur richesse en calcaire et à la facilité de leur décomposition, les feuilles de hêtre produisent une couverture morte idéale. A la vérité, la composition minérale des feuilles de hêtre est influencée par la richesse de l'horizon où plongent les racines et il est des cas où la quantité de calcaire ainsi ramenée à la surface sera à peine suffisante pour provoquer la structure en grumeaux »...

Par contre, nous lisons sous la signature de BOURQUIN (4) les considérations suivantes : « MM. LEIBUNDGUT et RICHARD nous donnèrent d'intéressants renseignements, dont nous voulons retenir ici l'essentiel, car, par leur nouveauté et leur charge contre le hêtre sacro-saint, ils eurent l'heur d'étonner bien des visiteurs et de provoquer d'abondantes discussions. Ainsi que nous l'exposa M. RICHARD, le sol de cette partie des forêts de Lengnau est une terre brune dégradée; il représente le cas extrêmement rare sur le Plateau suisse aux sols relativement jeunes et riches en matières minérales, d'un sol très vieux, dont les sels minéraux ont été dissous au cours des ans. Sa pauvreté n'est pas la conséquence du traitement forestier, mais la résultante des facteurs naturels, climat et roche-mère. Le sol présente naturellement un degré d'acidité très élevé et son activité biologique est si minime que la couverture morte ne se décompose pas d'un automne à l'autre. Ainsi l'humus acide s'accumule et contribue encore à provoquer la dissolution et l'éloignement des sels minéraux. Sur un sol de cette classe, le traitement de la forêt doit être particulièrement prudent, la main du

forestier souple, les essences bien adaptées aux conditions de la station. M. le professeur LEIDBUNDGUT proposa le mélange suivant : chêne rouvre et pin sylvestre (race autochtone) comme essences principales, accompagnées du tilleul à petites feuilles, du bouleau et, dans certains endroits, du charme. Pourquoi le chêne rouvre? Parce que le sol et le climat lui conviennent et qu'il est la seule essence, sur ce sol peu actif, dont la feuillage se décompose au cours d'une saison. Et pourquoi pas le hêtre, se demandait-on, le hêtre qui aspire la chaux des couches profondes et contribue par son feuillage à neutraliser l'humus acide? M. LEIDBUNDGUT en donna deux raisons suffisantes : le hêtre ne peut remplir de fonction utile sur cette station car le sol étant totalement dépourvu de chaux, il n'en saurait ramener à la surface; à quoi s'ajoutent les risques d'une action néfaste, car le feuillage du hêtre, ainsi que les essais l'ont prouvé se décompose mal sur ce sol privé de lombrics et contribue à augmenter la couche d'humus acide. Voilà la conclusion qui devait étonner bien des visiteurs et dont nous devons une fois de plus tirer la morale : en sylviculture, pas de parti pris, pas de fanatisme, même en faveur du hêtre; un seul guide, les conditions de la station. »...

VII. **Observations directes.**

Si nous avons exposé assez longuement les recherches à propos de certaines propriétés de la fane, c'était dans le but de montrer ce qu'elles pouvaient représenter exactement pour chaque essence mais surtout pour faire remarquer combien les classifications basées sur l'une ou l'autre de ces propriétés pouvaient nous conduire à des conclusions en contradiction avec les données de l'expérience. Après ces essais analytiques de laboratoire certes très utiles mais en fait non définitifs, il nous faut revenir aux méthodes directes d'observation. Le journaliste forestier suisse nous parle d'essais qui ont *prouvé* que la fane du hêtre se décompose mal. Certains de ceux-ci nous sont connus. Nous résumerons ceux de BORNEBUSCH (3) au Danemark, de WITTICH (26) en Allemagne et nous aborderons ensuite

l'exposé d'une expérience suisse qui nous semble convaincante.

BORNEBUSCH (3) a étudié, en forêt, la rapidité de la désintégration des feuilles et aiguilles de 19 espèces végétales. Ces fanes furent placées le 17 décembre sur une couche d'humus de *Mercurialis perennis*, à priori favorable à la décomposition. Les observations ont été faites pendant l'hiver, aux dates figurant dans le *Tableau* 10. L'auteur y a noté les phases plus ou moins rapides de la disparition des débris végétaux.

Chez le sureau noir, l'ortie et la mercuriale, la décomposition est très rapide et pratiquement terminée en janvier. Parmi les arbres feuillus étudiés, on peut faire le classement suivant, selon la vitesse de la décomposition de leurs feuilles :

1) l'orme et les 5 aunes envisagés;
2) le bouleau;
3) le chêne et l'érable, le cerisier tardif et le chêne rouge;
4) le noisetier;
5) le hêtre. Les feuilles de ce dernier ne sont pas encore décomposées au printemps.

Les résineux sont plus résistants. Le sapin de Douglas et l'épicéa ont des aiguilles moins réfractaires que celles du mélèze. La lenteur de la décomposition des aiguilles du mélèze a été signalée par des auteurs hollandais (15) et par WITTICH (25) qui écrit que, contrairement aux idées jusqu'ici dominantes, le terreau de feuilles de mélèze se montre aussi difficilement décomposable que celui de feuilles d'épicéa et, si l'état du sol forestier est meilleur sous les massifs purs du premier, cela tient à son caractère d'essence de lumière et à ce qu'il laisse arriver au sol plus de lumière, de chaleur et d'humidité.

Le même WITTICH (26) a fait, en Allemagne, un travail identique à celui de BORNEBUSCH. Nous n'avons pas pu consulter le travail original mais seulement un simple résumé que nous avons mis sous forme de tableau (*Tableau* 11). On peut constater le classement, en tête des essences, de l'orme, du frêne et des aunes et la supériorité du chêne sur le hêtre.

L'expérience suisse à laquelle nous avons fait allusion est exposée dans une étude très fouillée publiée par RICHARD (21), dans les Annales de l'Institut fédéral de Recherches forestières. Nous allons analyser assez longuement la partie qui nous intéresse spécialement et nous verrons comment se comporte, en sols d'activité biologique différente, la décomposition des feuilles de quelques essences forestières de base. L'auteur a choisi, pour établir ces essais, trois associations végétales de la chênaie :

1) la chênaie à charme riche en gouet (*Querceto - Carpinetum aretosum*);

2) la chênaie à charme riche en luzule (*Querceto - Carpinetum luzuletosum*).

3) la forêt de chêne-bouleau (*Querceto - Betuletum*).

Ces trois associations ont été définies par ETTER (7) auquel nous empruntons les notes suivantes : La croissance est très bonne dans la première association, assez bonne dans le deuxième association, plus lente dans la troisième. Le premier type croît sur un sol formé de terres brunes : lehms frais, riches en matières nutritives, provenant de la décomposition d'une moraine de fond reposant sur la molasse. Il garnit les terrains en *plaine* ou des *terrasses étendues* au pied d'une pente. Le deuxième type colonise les sols lehmeux bien drainés, à réaction acide, crêtes morainiques ou graviers des terrains quaternaires sur les *croupes*. Le troisième type a un sol acide, pauvre en principes nutritifs, plus ou moins podzolisé mais bien drainé. Il occupe les *plateaux* recouverts par les graviers du quaternaire ancien et est assez peu représenté en Suisse où la majorité des sols sont très jeunes.

Le tableau annexé (*Tableau* 12) donne une idée de la la composition de la strate supérieure. Quant à la florule, il faut noter les plantes caractéristiques suivantes, dans la première association :

Arum maculatum L.
Stachys silvatica L.
Geum urbanum L.
Primula eliator L.
Circaea lutetiana L.

Dans la deuxième association, on rencontre :

Luzula luzuloïdes (LAM.) DAND. et WILM. = *L. nemorosa* (POLL.) E. MEY.

Vaccinium Myrtillus L.
Veronica officinalis L.
Carex pilulifera L.

Dans la troisième association, on trouve :
Hypericum pulchrum L. *Vaccinium Myrtillus* L.
Teucrium Scorodonia L. *Pteridium aquilinum* (L.) KUHN.
Deschampsia flexuosa (L.) TRIN. *Lathyrus montanus* BERNH.

Nous n'exposerons pas les détails de la technique proposée par l'auteur qui a suivi la décomposition des feuilles, en déterminant progressivement la perte de substance de la fane mise en observation.

Un premier coup d'oeil sur le *Tableau* 12 permet de constater immédiatement le ralentissement général de la décomposition quand on passe d'une association à sol biologiquement actif à une autre dont le substratum a une activité biologique réduite (Q.-C. aretosum > Q.-C. luzuletosum > Q.-Betuletum). Néanmoins, dans chaque association, les différentes essences conservent leur rang respectif. La rapidité de la décomposition dépend donc non seulement du milieu mais aussi de l'essence elle-même : elle est donc *spécifique*. C'est de toutes les expériences déjà passées en revue, celle qui, à notre avis, le démontre le plus clairement.

Parmi les essences examinées, nous pouvons faire le classement suivant :

1) *Ulmus scabra* (*U. montana*), *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Frangula Alnus* (*Rhamnus Frangula*), *Prunus* (*Cerasus*) *avium*;

2) *Betula pendula* (*B. verrucosa*), *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*, *Tilia cordata* (*T. parvifolia*);

3) *Populus tremula*, *Quercus Robur* (*Q. pedunculata*), *Quercus petraea* (*Q. sessilis*);

4) *Fagus silvatica*.

Sauf la place du bouleau, ce classement ne diffère pas beaucoup de celui qu'a proposé WITTICH. Ce sont les deux essais les plus récents et les plus sérieux. Nous admettrons leurs conclusions jusqu'à plus ample information.

Si nous examinons les résultats globaux (*Tableau* 12. *D*), nous voyons que la fane se décompose entièrement d'une année à l'autre, dans la première association dont le sol jouit d'une activité biologique intense; dans les conditions de l'expérience, cette décomposition complète a lieu, dans la deuxième association, en décembre, mais en novembre, lors de la chute des feuilles, il reste encore 16 % (100-84) de la fane à transformer; dans la troisième association, il n'y a pas de décomposition totale. Il reste en novembre, 38 % (100-62) du poids de la fane constituée par des débris non encore attaqués. Ces déchets (16 et 38 %) sont, pour la grosse part, attribuables au *hêtre* seul.

Dans le *Q.-C. luzuletosum*, les feuilles de hêtre, au début de l'expérience, interviennent pour 65 grammes dans un total de 525 gr.; un an après, elles représentent les 5/6 des déchets non décomposés (69 gr. sur 83 gr.). Dans le *Q.-Betuletum*, la part du hêtre, au début, est de 1/5 environ (62 gr. sur 318 gr.); un an après, cette part est de 1/2 environ (59 gr. sur 120 gr. non transformés).

Nous sommes ici dans des peuplements types de chêne où le hêtre est présent sans être envahissant. Quelle serait la situation dans le cas où cet arbre serait l'essence principale ou dominante de la forêt? Si nous consultons le *Tableau* 12.*B* et *C*, la part non décomposée en décembre serait de 12 % (100-88) dans le *Q.-C. luzuletosum* envahi par le hêtre et de 65 % (100-35) dans le *Q.-Betuletum* transformé en hêtraie, les chiffres des associations-types étant respectivement, à la même époque, O ou presque O et 23 % (100-77). *L'envahissement du hêtre paraît d'assez faible influence dans le Q.-Carpinetum mais s'avère nocif dans le Q.-Betuletum.*

Pour terminer, donnons à l'usage de ceux qui le désireraient absolument, un classement des essences feuillues examinées au cours de cette communication, celles dont les feuilles se décomposent rapidement étant en tête :

1) les ormes, les aunes, le frêne, le robinier, le cerisier des oiseaux, la bourdaine, le noisetier;

2) les deux bouleaux, le charme, le marronnier d'Inde, les érables sycomore, plane et champêtre, les tilleuls à petite et à grande feuille;

3) le tremble, le cerisier tardif, le châtaignier, nos deux chênes indigènes, le chêne rouge d'Amérique;

4) le hêtre.

* * *

Conclusions.

1°) Les chiffres, tableaux et classements relatifs à un facteur isolé n'ont pas de valeur absolue : les phénomènes biologiques sont trop complexes ~~que~~ pour être mis en formule. Défions-nous donc de toutes les classifications et sachons les interpréter honnêtement.

2°) A propos des essences améliorantes ou non-améliorantes, on peut cependant faire un grand classement. En queue, viendraient les résineux, parmi lesquels le sapin serait favorisé. Les aiguilles du mélèze seraient tout aussi résistantes à la décomposition que celles du pin et de l'épicéa, mais dans les peuplements d'essences héliophiles, la lumière et la chaleur plus abondantes renforceraient l'activité biologique.

Parmi les feuillus, nous avons distingué, en dépit de la complexité des facteurs en jeu, des essences de valeur : orme, frêne, robinier, noisetier et aunes. Ces derniers sont en même temps des espèces frugales et leur influence heureuse comme plantations d'abri ou essences intercalaires a été abondamment démontrée sur le terrain. Il est assez singulier que dans la pratique, on ne se souvienne pas plus souvent de leurs multiples qualités.

Notons la place favorable qui peut être attribuée aux bouleaux, au charme, aux érables et aux tilleuls.

3°) La question la plus intéressante à examiner était celle du chêne et du hêtre améliorants ou non. Nous n'avons pas de documents et preuves en ce qui concerne notre pays. Nous ne voulons pas intervenir dans les études actuelles de phytosociologie qui sont hors de notre compétence.

Nous nous sommes borné à attirer l'attention sur un mouvement d'idées appuyé, il faut le dire, par des observations sérieuses dont nous avons donné des exemples, mouvement qui tend à considérer le chêne comme améliorant, ou du moins à sa place en sols biologiquement peu actifs, le hêtre, dans les mêmes terrains, comme dangereux à maintenir à l'état pur, parce que sa fane se décomposant mal tendrait à s'accumuler et à acidifier sinon à dégrader le sol. Dans les hêtraies installées sur ces sols, ce serait le chêne qui jouerait le rôle d'essence améliorante, aidé et renforcé par le bouleau et le charme. Or, les sols biologiquement peu actifs ne sont pas rares chez nous, surtout en Ardennes. Nous laisserons au lecteur le soin et la responsabilité de conclure quant à l'opportunité de maintenir, sur ces sols, des hêtraies ou des peuplements résineux, à l'état pur ou presque pur.

RÉSUMÉ.

Le pouvoir améliorant des feuilles et aiguilles des arbres forestiers pourrait être lié, dans notre pays, à quelques propriétés fondamentales : richesse en sels, réaction, rapidité de la décomposition.

Tous les facteurs envisagés isolément (consommation, restitution, pH, pouvoir tampon, production de CO_2, rapport lignine-cellulose, rapport silice-chaux), ne suffisent pas à expliquer l'intensité du pouvoir améliorant.

La rapidité de la décomposition, qui a été particulièrement examinée dans cette étude, dépend non seulement du milieu mais aussi de l'essence elle-même.

Une série d'essais et d'observations directes ont permis d'établir un certain classement parmi les diverses essences envisagées.

Il est particulièrement insisté sur l'extrême rapidité de la décomposition des feuilles des ormes, du frêne et des aunes; sur la place très défavorable qu'occupe le hêtre et sur la supériorité du chêne sur le hêtre, en sols biologiquement peu actifs.

Tabl. 1. CLASSIFICATION D'EBERMAYER.

(*Teneur en cendres pendant la période de végétation*).

a) feuillus à grande consommation :	frêne orme robinier érable.
b) feuillus à consommation moyenne :	tremble chêne charme hêtre.
c) feuillus à faible consommation :	bouleau aune blanc aune glutineux.
d) résineux à très faible consommation :	mélèze sapin épicéa pin.

Tabl. 2. CLASSIFICATION de HESSELMAN.

(*Teneur en cendres à maturité*).

a) *essences à forte restitution* : (feuillus)	Ulmus montana (U. scabra) Fraxinus excelsior Corylus avellana Acer platanoides.
b) *essences à restitution moyenne* (feuillus et résineux)	Salix caprea Populus tremula Larix decidua Larix leptolepis Picea excelsa (P. Abies) Quercus Robur (Q. pedonculata) Alnus incana Alnus glutinosa Fagus silvatica Betula pubescens Betula verrucosa.
c) *essence à faible restitution* :	Pinus silvestris.

Tabl. 3. pH DES FEUILLES ET AIGUILLES MURES.

Groupes	ESSENCES	pH		
		extrêmes	moyens	d'après Hesselman
I.	Ulmus scabra (montana)	6,3 — 7,0 (4)	6,5	7,3 (1)
	Fraxinus excelsior	5,7 — 6,5 (6)	6,0	6,4 (1)
	Corylus avellana	5,9 — 6,1 (5)	6,0	6,6 (1)
II.	Alnus incana	5,4 — 5,8 (6)	5,6	6,1 — 6,3 (2)
	Salix caprea	. . . .	. . . .	6,1 — 5,6 (2)
	Robinia pseudo-acacia	5,0 — 5,8 (6)	5,6	. . . .
	Populus tremula	. . . .	. . . .	6,1 — 5,3 (2)
	Betula pubescens	(1)	5,5	5,4 — 5,9 (3)
	Betula verrucosa	5,0 — 5,7 (5)	5,4	5,3 — 6,1 (3)
	Fagus silvatica	5,0 — 5,6 (11)	5,3	5,3 — 6,2 (2)
	Acer pseudoplatanus	4,9 — 5,7 (5)	5,3	. . . .
	Prunus serotina	4,7 — 5,4 (5)	5,0	. . . .
III.	Quercus (hybride)	4,7 — 5,0 (7)	4,8	4,8 — 4,9 (2)
	Sorbus aucuparia	. . . .	. . . .	4,8 (1)
	Castanea vesca	4,5 — 4,8 (5)	4,6	. . . .
	Acer platanoides	4,5 — 4,8 (5)	4,6	3,7 — 4,0 (2)
	Carpinus betulus	4,2 — 4,5 (5)	4,3	. . . .
	Larix leptolepis	. . . .	. . . .	4,5 (1)
IV.	Pinus silvestris	. . . .	. . . .	4,2 — 4,0 (2)
	Picea excelsa (P. Abies)	. . . .	. . . .	4,0 — 3,8 (2)
	Larix decidua	. . . .	. . . .	3,9 (1)
	Acer saccharinum (A. dasycarpum)	3,8 — 4,0 (2)	3,9	. . . .
	Acer rubrum	3,5 — 4,1 (2)	3,8	. . . .
	Acer saccharum	3,4 — 3,9 (2)	3,6	. . . .

DÉTERMINATIONS EN SOLS CALCAIRES.

ESSENCES	pH en sols calcaires	pH moyens en Forêt de Soignes
Ulmus scabra	7,3	6,5
Fagus silvatica	6,2	5,3
Carpinus betulus	4,7	4,3
Quercus (hybride)	4,8	4,8
Corylus avellana	6,0	6,0

Tabl. 4. POUVOIR TAMPON DES FEUILLES ET AIGUILLES MURES, d'après HESSELMAN.

A. Plantes très pauvres en matières acides-tampon, très riches en matières basiques-tampon :
1) Ulmus scabra
2) Corylus avellana.

B. Plantes à teneur moyenne ou faible en matières acides-tampon, assez riches en matières basiques-tampon :
1) Fraxinus excelsior
2) Fagus silvatica
3) Betula pubescens
4) Betula verrucosa
5) Populus tremula
6) Alnus incana
7) Salix caprea.

C. Plantes à teneur égale en matières acides-tampon et en matières basiques-tampon :
a) teneur élevée : 1) Acer platanoides.
b) teneur moyenne : 1) Quercus Robur
2) Larix leptolepis (Kaempferi)
3) Larix decidua (europea).

D. Plantes riches en matières acides-tampon, pauvres en matières basiques-tampon :
1) Picea excelsa (Picea Abies)
2) Pinus silvestris.

Tabl. 11.

DÉCOMPOSITION DES FEUILLES SUR BON HUMUS FORESTIER.

Classement d'après WITTICH.

1. — Orme.
2. — Aune glutineux
Frêne
Aune blanc
Robinier
Cerisier
Charme
Marronnier
Erable sycomore
Tilleul
Chêne.
3. — Bouleau
Tremble
Chêne rouge.
4. — Hêtre.

Tabl. 5. POUVOIR TAMPON DES FEUILLES DES ARBRES FORESTIERS

TITRATION ÉLECTROMÉTRIQUE EN pH.

Titration cm³	Ulmus scabra	Fraxinus excelsior	Corylus avellana	Carpinus betulus	Alnus incana	Quescus (hybride)	Fagus silvatica
HCl. N/10 20	2,75	3,30	2,25	2,20	2,40	2,15	2,20
15	3,20	3,80	2,45	2,35	2,60	2,30	2,35
12	3,55	4,10	2,60	2,50	2,70(13)	2,35	2,45
10	3,70	4,30	2,70	2,55	3,05	2,45	2,55
9	4,00	4,50	2,80	2,60	3,15	2,45	2,60
8	4,10	4,55	2,90	2,70	3,30	2,45	2,70
7	4,30	4,65	3,00	2,80	3,50	2,50	2,75
6	4,50	4,80	3,15	2,95	3,65	2,65	2,85
5	4,65	5,00	3,35	3,05	3,85	2,75	3,00
4	4,90	5,10	3,60	3,20	4,10	2,85	3,10
3	5,10	5,30	3,90	3,40	4,40	3,05	3,30
2	5,45	5,50	4,30	3,55	4,80	3,30	3,55
1	5,90	5,70	4,80	3,90	5,15	3,70	4,00
1/2	6,20	5,90	—	4,00	5,40	4,00	4,30
0	6,40	6,10	5,40	4,20	5,60	4,50	4,90
NaOH. N/10 1/2	7,20	6,55	6,00	4,40	6,40	5,35	5,30
1	7,75	7,10	6,60	4,55	6,95	6,20	5,70
2	8,60	8,50	8,00	4,90	8,20	7,20	6.50
3	—	—	8,50	5,60	—	8,20	7,40
4	—	—	—	6,60	—	—	8,00
5	—	—	—	7,20	—	—	8,40
6	—	—	—	7,90	—	—	—
7	—	—	—	8,10	—	—	—

Tabl. 6. POUVOIR TAMPON DES FEUILLES DES ARBRES FORESTIERS.

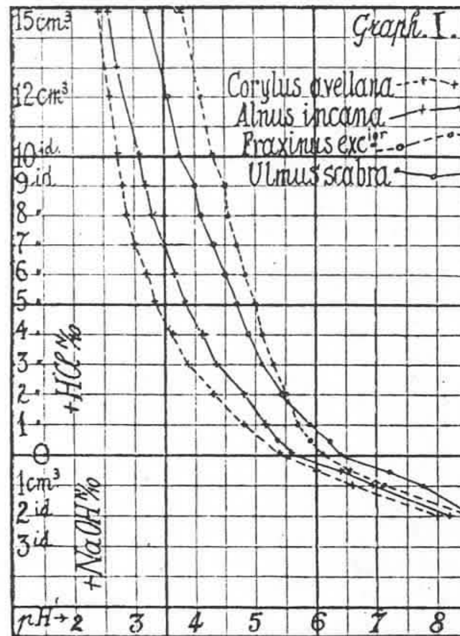
TITRATION ÉLECTROMÉTRIQUE EN pH.

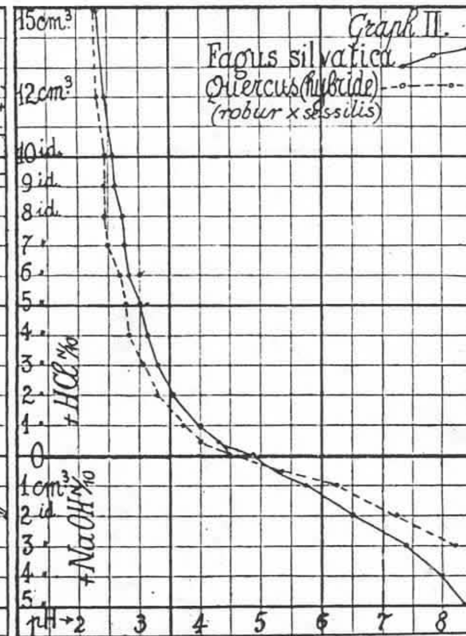
Titration	cm³	Acer pseudo-platanus	Acer platanoides	Castanea vesca	Acer saccharum	Betula pubescens	Betula verrucosa
HCl. N/10	20	,225	2,30	2,20	2,40	2,70	2,40
	15	2,40	2,50	2,30	2,50	2,95	2,60
	12	2,55	2,60	2,40	2,65	3,25	2,80
	10	2,65	2,75	2,45	2,75	3,45	2,90
	9	2,75	2,85	2,50	2,80	3,60	2,95
	8	2,80	2,95	2,65	2,85	3,75	3,00
	7	2,85	3,05	2,75	2,90	3,90	3,10
	6	2,95	3,10	2,80	3,00	4,05	3,20
	5	3,10	3,25	2,90	3,10	4,20	3,30
	4	3,15	3,40	3,00	3,20	4,45	3,50
	3	3,40	3,55	3,20	3,30	4,65	3,80
	2	3,70	3,80	3,35	3,45	4,90	4,10
	1	4,05	4,05	3,70	3,65	5,15	4,55
	1/2	4,40	4,25	3,85	3,75	5,30	4,75
	0	4,70	4,40	4,30	3,90	5,45	5,00
Na OH. N/10	1/2	5,05	4,50	4,50	3,95	5,55	5,20
	1	5,35	4,55	4,75	4,00	5,75	5,40
	2	5,90	4,90	5,40	4,10	6,05	5,75
	3	6,40	5,20	6,05	4,20	6,35	6,20
	4	6,70	5,50	6,60	4,40	6,65	6,65
	5	7,05	6,00	7,00	4,55	6,85	6,95
	6	7,45	6,50	7,50	4,65	7,00	7,30
	7	7,85	6,90	7,80	—	,720	7,60
	8	8,20	7,10	8,10	5,05	7,50	7,90
	9	—	7,30	—	—	7,70	8,10
	10	—	7,50	—	5,60	7,90	—
	12	—	7,85	—	6,20	8,30	—
	15	—	8,50	—	6,80	—	—
	20	—	—	—	7,50	—	—
	25	—	—	—	7,90	—	—

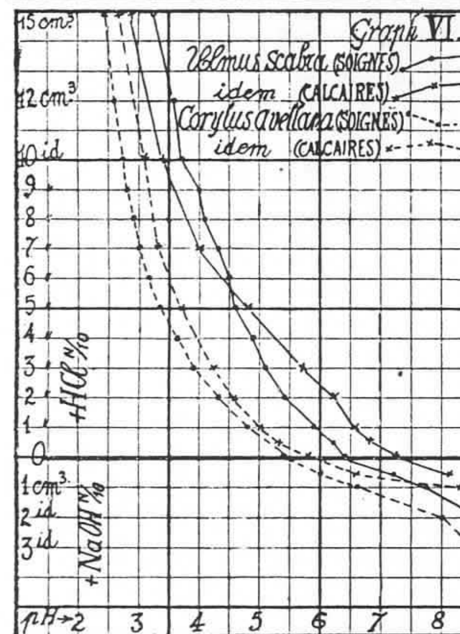
Tabl. 7. POUVOIR TAMPON DES FEUILLES DES ARBRES FORESTIERS

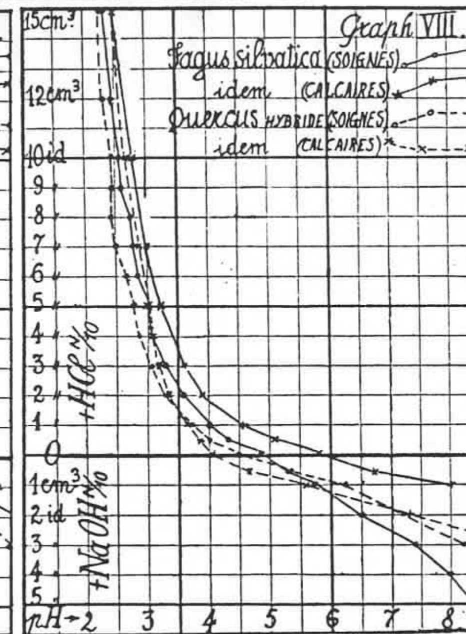
TITRATION ÉLECTROMÉTRIQUE EN pH.

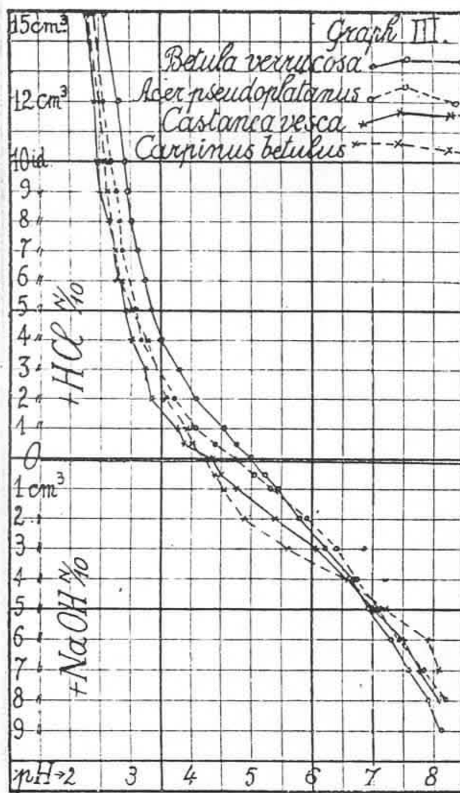
Titration	cm³	Prunus serotina	Robinia pseudoacacia	Acer dasycarpum	Acer rubrum
HCl. N/10	20	2,55	2,80	2,30	2,40
	15	2,80	3,20	2,45	2,50
	12	3,10	3,45	2,55	2,60
	10	3,25	3,65	2,65	2,70
	9	3,30	3,80	2,70	2,80
	8	3,40	4,00	2,80	2,85
	7	3,60	4,10	2,85	3,00
	6	3,70	4,25	2,90	3,10
	5	3,80	4,40	3,00	3,20
	4	3,90	4,60	3,10	3,35
	3	4,10	4,80	3,25	3,50
	2	4,30	4,95	3,40	3,75
	1	4,45	5,25	3,55	3,90
	1/2	4,65	5,45	3,65	4,05
	0	4,75	5,65	3,80	4,15
NaOH. N/10	1/2	4,90	5,80	3,85	4,20
	1	5,00	5,90	3,90	4,25
	2	5,25	6,10	4,00	4,35
	3	5,50	6,55	4,10	4,50
	4	6,15	7,10	4,20	4,65
	5	6,70	7,40	4,35	4,85
	6	7,00	7,80	4,50	5,00
	7	7,50	8,05	—	5,35
	8	7,75	—	4,80	5,70
	9	7,90	—	—	—
	10	8,10	—	5,30	6,40
	12	—	—	5,90	6,80
	15	—	—	6,60	7,10
	20	—	—	7,30	7,40
	25	—	—	7,60	7,70
	30	—	—	7,90	7,90

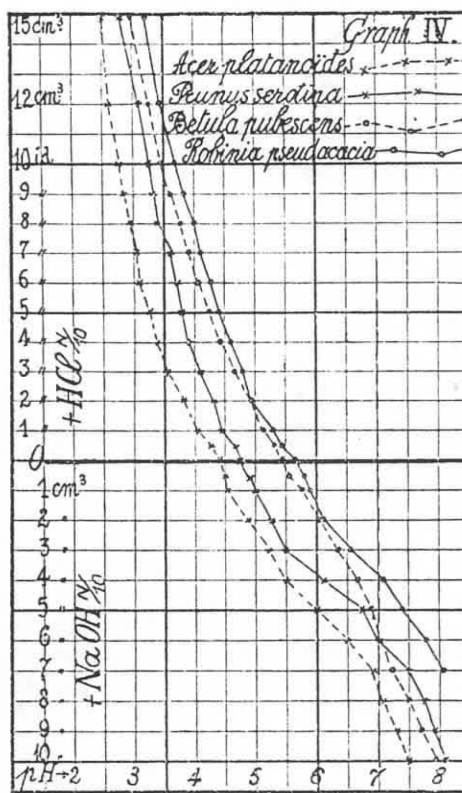

Graph. I.
Corylus avellana
Alnus incana
Fraxinus exc^ior
Ulmus scabra
15 cm³
12 cm³
10 id.
9 id.
+HCl N/10
+NaOH N/10
1 cm³
2 id.
3 id.
pH → 2 3 4 5 6 7 8

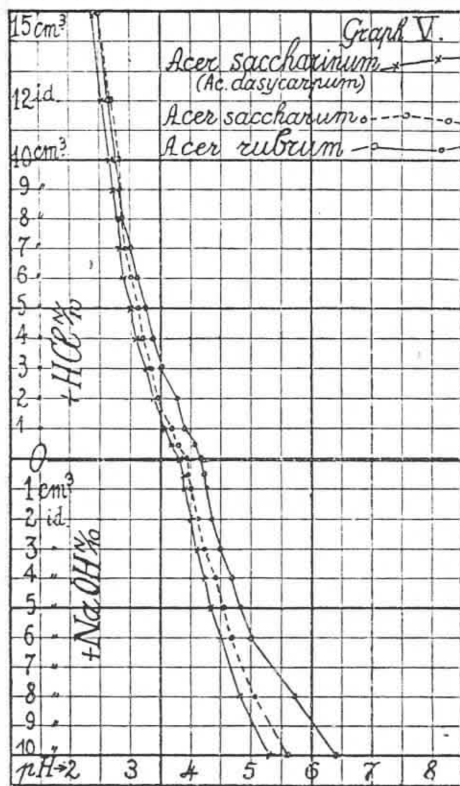

Graph. II.
Fagus silvatica
Quercus (hybride)
(robur x sessilis)
15 cm³
12 cm³
10 id.
9 id.
8 id.
+HCl N/10
+NaOH N/10
1 cm³
2 id.
pH → 2 3 4 5 6 7 8

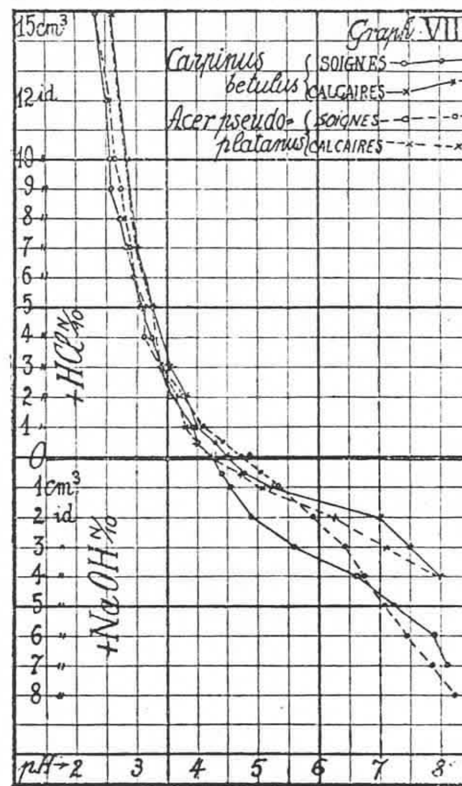

Graph VI.
Ulmus scabra (SOIGNES)
idem (CALCAIRES)
Corylus avellana (SOIGNES)
idem (CALCAIRES)
15 cm³
12 cm³
10 id.
+HCl N/10
+NaOH N/10
1 cm³
2 id.
3 id.
pH → 2 3 4 5 6 7 8


Graph VIII.
Fagus silvatica (SOIGNES)
idem (CALCAIRES)
Quercus HYBRIDE (SOIGNES)
idem (CALCAIRES)
15 cm³
12 cm³
10 id.
+HCl N/10
+NaOH N/10
1 cm³
2 id.
pH → 2 3 4 5 6 7 8


Graph III.
Betula verrucosa
Acer pseudoplatanus
Castanea vesca
Carpinus betulus
15cm³
12cm³
10id.
+HCl N/10
+NaOH N/10
0
1cm³
pH→2
3
4
5
6
7
8


Graph IV.
Acer platanoïdes
Prunus serotina
Betula pubescens
Robinia pseudacacia
15cm³
12cm³
10id.
+HCl N/10
+NaOH N/10
0
1cm³
pH→2
3
4
5
6
7
8


Graph V.
Acer saccharinum (Ac. dasycarpum)
Acer saccharum
Acer rubrum
15cm³
12id.
10cm³
+HCl N/10
+NaOH N/10
0
1cm³
2 id.
pH→2
3
4
5
6
7
8


Graph VII.
Carpinus betulus
SOIGNES
CALCAIRES
Acer pseudo-platanus
SOIGNES
CALCAIRES
15cm³
12id.
+HCl N/10
+NaOH N/10
0
1cm³
2 id
pH→2
3
4
5
6
7
8

Tabl. 8. POUVOIR TAMPON DES FEUILLES ET AIGUILLES MURES. *Répartition en groupes.*

GROUPES	Teneur en matières acides-tampon	Teneur en matières basiques-tampon
Groupe I.	très faible	élevée
Groupe II	faible	moyenne
Groupe III	moyenne	moyenne
Groupe IV	assez élevée	élevée
Groupe V	élevée	assez élevée
Groupe VI	élevée	faible

Groupe I. — teneur très faible en matières acides-tampon, teneur élevée en matières basiques-tampon :
1) Ulmus scabra (U. montana)
2) Fraxinus excelsior
3) Alnus incana.
4) Corylus avellana.

Groupe II. — teneur faible en matières acides-tampon, teneur moyenne en matières basiques-tampon :
1) Quercus (hybride)
2) Fagus silvatica.

Groupe III. — teneur moyenne en matières acides-tampon, teneur moyenne en matières basiques-tampon :
1) Betula verrucosa
2) Acer pseudoplatanus
3) Castanea vesca
4) Carpinus betulus.

Groupe IV. — teneur assez élevée en matières acides-tampon, teneur élevée en matières basiques-tampon :
1) Robinia pseudoacacia
2) Betula pubescens
3) Prunus serotina
4) Acer platanoides.

Groupe V. — teneur élevée en matières acides-tampon, teneur assez élevée en matières basiques-tampon :
1) Acer rubrum
2) Acer saccharum
3) Acer saccharinum.

Groupe VI. — teneur élevée en matières acides-tampon, teneur faible en matières basiques-tampon :
Certains résineux.

Tabl. 9. POUVOIR TAMPON DES FEUILLES DES ARBRES FORESTIERS (*)

TITRATION ÉLECTROMÉTRIQUE EN pH.

Titration	cm³	Ulmus scabra	Corylus avellana	Fagus silvatica	Quercus (hybride)	Carpinus betulus	Acer pseudo-platanus
HCl. N/10	20	2,60	2,60	2,45	2,40	2,50	2,50
	15	2,90	2,75	2,50	2,50	2,60	2,60
	10	3,40	3,05	2,80	2,70	2,80	2,80
	7	4,00	3,30	3,00	2,85	3,00	3,00
	5	4,80	3,70	3,20	3,00	3,20	3,20
	3	5,70	4,20	3,60	3,20	3,55	3,40
	2	6,20	4,60	3,90	3,35	3,80	3,60
	1	6,55	5,00	4,55	3,65	4,00	3,80
	1/2	6,85	5,30	5,10	3,85	4,30	4,00
	0	7,20	5,80	5,80	4,05	4,50	4,20
Na OH. N/10	1/2	8,15	6,60	6,70	4,65	4,80	4,70
	1	—	8,30	8,00	5,60	5,20	5,10
	2	—	—	—	7,30	7,00	6,25
	3	—	—	—	9,00	7,50	7,10
	4	—	—	—	—	8,00	8,00
	5	—	—	—	—	—	—

(*) En sols calcaires du Givetien de Lompret-lez-Chimay.

Tabl. 10. DÉCOMPOSITION DE FEUILLES ET AIGUILLES SUR BON HUMUS FORESTIER d'après BORNEBUSCH.

ESSENCES	Degrés de décomposition. Observations aux dates suivantes.				
	16/1	7/2	22/2	3/4	21/4
Epicéa	—	1	1	1	2
Sapin de Douglas	—	1	1	1	2
Mélèze	—	1	1	1	1
Orme	+	0	0	0	0
Aune glutineux	++	0	0	0	0
Aune blanc.	++	0	0	0	0
Alnus cordata.	+	0	0	0	0
A. subcordata.	+	0	0	0	0
A. rubra	++	0	0	0	0
Bouleau	—	4	+	0	0
Noisetier	—	3	3	3	0
Prunus serotina	—	3	3	4	0
Chêne rouge	—	1	3	4	0
Chêne	—	2	4	4	0
Erable	—	3	4	4	+
Hêtre	—	1	1	2	3
Sureau noir	++	0	0	0	0
Ortie	++	0	0	0	0
Mercuriale	++	0	0	0	0

Valeur des notations :

1 = feuille intacte.
2 = quelques petites parties squelettisées.
3 = une bonne partie squelettisée.
4 = toute la feuille squelettisée.
\+ = décomposition avancée; il reste quelques débris.
++ = décomposition très avancée, il ne reste que de très rares débris.
0 = décomposition totale.

Tabl. 12. DÉCOMPOSITION DE LA FANE DE DIVERSES ESSENCES FORESTIÈRES EN SOLS D'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DIFFÉRENTE.

A. *Querceto-Carpinetum aretosum.*

	Perte de poids en pour-cent du poids initial, depuis le début de l'expérience					
	1e Etape nov. 41 à mars 42	2e Etape nov. 41 à juin 42	2e Etape nov. 41 à août 42	4e Etape nov. 41 à sept. 42	5e Etape nov. 41 à nov. 42	6e Etape nov. 41 à déc. 42
Quercus Robur	0	33	93	96	100	—
Carpinus betulus	62	98	100	—	—	—
Populus tremula	9	70	94	96	100	—
Fagus silvatica	0	16	72	85	100	—
Betula pendula.	42	99	100	—	—	—
Alnus glutinosa	63	100	—	—	—	—
Ulmus scabra	63	100	—	—	—	—
Fraxinus excelsior	55	100	—	—	—	—
Prunus avium	47	100	—	—	—	—
Acer pseudoplatanus . . .	24	94	100	—	—	—

B. *Querceto-Carpinetum luzuletosum.*

{ *Quercus Robur* / *Quercus petraea*	10	25	39	64	**73**	**98**
Carpinus betulus	42	71	81	96	99	100
Populus tremula	27	57	58	73	79	96
Fagus silvatica	7	8	12	12	**35**	**88**
Betula pendula.	20	96	97	99	100	—
Prunus avium	50	99	99	99	100	—
Tilia cordata	28	58	67	88	93	100
Acer campestre.	28	59	73	80	89	100

C. *Querceto-Betuletum.*

Quercus petraea	16	21	33	37	**47**	**77**
Carpinus betulus	16	28	56	73	83	93
Populus tremula	14	21	38	39	51	68
Fagus silvatica	**0**	**0**	**0**	**1**	**13**	**35**
Betula pendula.	19	26	40	66	78	92
Frangula Alnus	58	93	98	100	—	—

D. *Perte de poids en pour-cent du poids initial, depuis le début de l expérience, pour l'ensemble de la fane des diver.es associations végétales.*

	Q.-C. aretosum	Q.-C. luzuletosum	Q.-Betuletum
1e Etape : nov. 1941 à mars 1942 . . .	37	26	20
2e Etape : nov. 1941 à juin 1942 . . .	81	60	31
3e Etape : nov. 1941 à août 1942 . . .	96	64	44
4e Etape : nov. 1941 à sept. 1942 . . .	98	77	53
5e Etape : Nov 1941 à nov. 1942 . . .	100	84	**62**
6e Etape : nov. 1941 à déc. 1942 . . .	—	100	**77**

Nomenclature : Quercus Robur = Q. pedunculata.
Quercus petraea = Q. sessilis = sessiliflora.
Betula pendula = B. verrucosa.
Ulmus scabra = U. montana.
Tilia cordata = parvifolia.
Frangula Alnus = Rhamnus frangula.

BIBLIOGRAPHIE.

1. — Becker-Dillingen, J. — Die Ernährung des Waldes (Viertes Teil : Die Düngung der Forstpflanzen im besonderen, pp. 419-548). Verlagsgesellschaft für Ackerbau. Berlin, 1939.
2. — Biolley, H.E. — L'aménagement des forêts par la méthode expérimentale et spécialement la méthode du contrôle. Corbeil. Imprimerie Crêté. 1920.
3. — Bornebusch, C.H. — Forskellige bladartes forhold till omsaetningen i skovjord. (Der Einfluss verschiedener Blätterarten auf die Umsetzung im Waldboden). Det forstlige forsogsvaesen i Danmark. XVI[e] Vol. 2° Partie, pp. 265-272, 1943.
4. — Bourquin, A. — Réunion annuelle de la Société forestière suisse, à Baden, du 30 août au 1 septembre 1942. (Compte-rendu). Journal forestier suisse. Octobre 1942., pp. 209-214.
5. — Colette, C. — Une méthode d'aménagement des futaies jardinées. Bull. Soc. centr. forest. Belgique. 1934., pp. 429-437; 457-470.
6. — Delevoy, G. — La hêtraie sonienne dans le domaine du hêtre. Station de Recherches de Groenendael. Travaux. Série B. N° I. 1941. Bull. Soc. centr. forest. Belgique. 1945. pp. 217-243.
7. — Etter, H. — Pflanzensoziologische und bodenkundliche Studien an schweizerischen Laubwäldern. Mitteilungen der schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen. XXIII Vol. Ière Partie. Zürich. 1943.
8. — Ebermayer, E. — Untersuchungen und Studien über die Ansprüche der Waldbäume an die Nährstoffe des Bodens. Forst. naturw. Zeitschr. 2. 1893.
9. — Erdmann, F. — Waldbau auf natürlicher Grundlage. Zeitschr. f. Jagd- und Forstw. 1926.
10. — Favre, E. — Cinquante années d'application de la méthode du contrôle à la forêt de Couvet. Journal forestier suisse. 1943. pp. 88-94; 116-122; 138-149.
11. — Herbignat, A. — L'acidité du sol forestier. I. le pH, expression de l'acidité libre, réelle ou actuelle du milieu. Bull. Soc. centr. forest. Belgique. 1931, pp. 330-336.
12. — Hesselman, H. — Studien über die Humusdecke des Nadelwaldes, ihre Eigenschaften und deren Abhängigheid von Waldbau. Meddelanden fran Statens Skogsförsöksanstalt. Häfte 22. N° 5. 1926. Stockholm.
13. — Huet, M. — pH et réserves alcalines (S.B.V.). Notion, Détermination, Importance piscicole. Station de Recherches de Groenendael. Communications. Série D. N° I. 1941.
14. — Jacquemin, A. — Le traitement de l'épicéa dans le cantonnement de Vielsalm. Bull. Soc. centr. forest. Belgique. 1936, pp. 445-469; 1937, pp. 8-15.

15. — JAGER GERLINGS, J., HUDIG, J., WOLTERSON, J.F. — De vertering van het strooisel van den lariks. Tijdschrift der Nederlandsche Heidemaatschappij. 55e Jaargang. Afleveringen 3, 4, 5. 1943.
16. — KOCH, H., SCHAIRER, E., VON GAISBERG. — Die Buche der Ostalb. Mitteilungen der Würtembergischen Forstlichen Versuchsanstalt. Stuttgart. 1939.
17. — KRAUSS, G. — Rotbuchenlaub. Forstwiss. Centralbl. 1926. Cité par RÜBNER (Op. cit. p. 187).
18. — KRAUSS, G. — Ueber die Schwankungen des Kalkgehalts im Rotbuchenlaub auf verschiedenem Standort. Forstwissenschaft. Zentralblatt. 1926.
19. — MELIN, E. — The first stages of decomposition of some litter types by microorganims. Actes du congrès international des stations de recherches forestières. 1929. Stockholm.
20. — POSKIN, A. — Le chêne pédonculé et le chêne rouvre. Leur culture en Belgique. J. Duculot. Gembloux. 1934.
21. — RICHARD, F. — Der biologische Abbau von Zellulose-und-Eiweiss-Testschnüren im Boden von Wald-und Rasengesellschaften. Mitteilungen der schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen. XXIV Vol. Ière Partie. Zürich. 1945.
22. — RÜBNER, K. — Die pflanzengeographisch-ökologischen Grundlagen des Waldbaus. Verlag J. Neumann-Neudamm. 1934.
23. — SCHAEFFER, L. — Travaux récents sur la pédologie forestière. Société forestière de Franche-Comté et des Provinces de l'Est. Tome XX. 1933. pp. 72-83.
24. — STEPHAN. — Forstliche Probleme Schleswig-Holsteins. Zeitschr. f. Forst-und-Jagdw. 1923. Cité par RÜBNER (Op. cit. p. 187).
25. — WITTICH, W. — Der Einfluss der Lärche auf biologischen Zustand des Bodens. Zeitschr. f. Forst- und Jagdw. 1936.
26. — WITTICH W. — Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzungen auf einem Boden mit Mullzustand II. Forstarch. Hannover. 19. 1943, pp. 1-18. Analysé dans : Intersylva. IIIe année. N° 4. Octobre 1943, p. 566.
